



C.A. LA ELECTRICIDAD DE CARACAS SACA
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA GENERAL

DIG

00111-A1

Especificacion de

TRANSFORMADORES DE POTENCIAL INDUCTIVOS

Subestaciones tipo: 245 kV y 72.5 kV

0.- INTRODUCCION

Esta especificación ha sido aprobada por las autoridades competentes de la C.A. La Electricidad de Caracas (EDC) en fecha 02 de Agosto de 1999 para la adquisición de transformadores de potencial inductivos asignados para trabajar en las redes de 69 kV y 230kV de EDC.

Esta especificación está sujeta a revisión cuando y como sea requerido. Tales revisiones deberán ser aprobadas por las mismas autoridades mencionadas arriba.

00.- TABLA DE CONTENIDOS

<u>1. PRINCIPIOS BASICOS</u>	4
<u>2. ALCANCE</u>	6
<u>3. CONDICIONES DE SERVICIO</u>	7
3.1 Condiciones normales de servicio	7
3.2 Condiciones anormales de servicio	7
<u>4. CARACTERISTICAS NOMINALES</u>	9
<u>5. DISEÑO Y CONSTRUCCION</u>	15
5.1. Generalidades	15
5.2. Núcleo	20
5.3. Devanados	20
5.4. Aislador de porcelana	22
5.5. Características de Cortocircuito	23
5.6. Aumento de Temperatura	24
5.7. Cuba	24
5.8. Cabezal (terminal primario)	25
5.9. Terminal de Tierra	25
5.10. Pintura	25
5.11. Galvanizado	26
<u>6. CAJA DE TERMINALES</u>	27
<u>7. GABINETE DE POTENCIALES (TPI's)</u>	28
<u>8. MARCACION DE TERMINALES</u>	29
<u>9. PLACA DE CARACTERISTICAS</u>	30
<u>10. ENSAYOS</u>	32
10.1. Ensayos de rutina	32
10.2. Ensayos de tipo	33
10.3. Ensayos especiales	33

<u>11. PLANOS Y DATOS DESCRIPTIVOS</u>	34
11.1. Planos a suministrar con la oferta.....	34
11.2. Planos para aprobación	35
11.3. Listado de datos técnicos.....	36
<u>12. EMBALAJE</u>	43
<u>13. CRITERIOS PARA LA ACEPTACION DE TRANSFORMADORES DE POTENCIAL INDUCTIVOS</u>	44
<u>14. ENSAYOS A REALIZAR PARA LA PUESTA EN SERVICIO</u>	45

1. PRINCIPIOS BASICOS

- 1.1 El avance continuo de la tecnología de los Transformadores de Potencial Inductivos combinado con la expansión de las actividades de operación de la EDC en los últimos años, justifica una revisión completa de las especificaciones técnicas pre-existentes.
- 1.2 El objetivo principal de esta especificación es:
- a) Asegurar, gracias a la Licitación Pública Internacional (LPI), oportunidades idénticas a todos los participantes. Se trata de las compañías y organizaciones que aplican las recomendaciones de la Comisión Electrotécnica Internacional (CEI) o del American National Standards Institute (ANSI), y de las que aplican normativas nacionales tales como VDE, NCF, etc. para la mayoría de sus programas de fabricación.
 - b) Definir los equipos más confiables que puedan integrarse en forma realista en el sistema actual y en el sistema futuro de energía eléctrica de EDC.
- 1.3 Se exige que los oferentes cumplan estrictamente todos los requisitos estipulados en esta especificación. Las ofertas que no cumplan esta exigencia serán rechazadas.
- 1.4 Propuestas alternativas acompañadas con sus justificaciones apropiadas, son bienvenidas, pero deberán ser consideradas únicamente después que la Propuesta Básica haya sido evaluada como la propuesta más favorable.
- 1.5 Las propuestas usarán únicamente el Sistema Métrico Decimal (SIU).
- 1.6 Únicamente los suministradores que hayan sido precalificados por la EDC son elegibles para participar.

- 1.7 El periodo de garantía requerido por la EDC es de 5 años. Este periodo comienza a partir de la fecha de recepción. La fecha de recepción deberá ocurrir con un máximo de 6 (seis) meses después de la descarga del Transformador de Potencial Inductivo en un puerto Venezolano.

Para la duración del Período de Garantía el Suplidor asegurará en uno de los bancos venezolanos de primera clase, una fianza incondicional de Seguridad de Ejecución (Performance Security) que cubra el 10% (diez por ciento) del precio FOB del Transformador de Potencial Inductivo. Los gastos bancarios para la emisión de la mencionada fianza de Seguridad de Ejecución deberán ser enteramente pagados por el suministrador.

- 1.8 Para cada Oferente, la EDC suministrará las Especificaciones Técnicas Particulares. Todos los requerimientos específicos de la EDC establecidos en las Especificaciones Técnicas Particulares están relacionados y enumeran a ciertas cláusulas y subcláusulas de este documento.

2. ALCANCE

- 2.1. Esta especificación cubre el diseño, fabricación, ensayos, suministro y transporte de transformadores de potencial inductivos adecuados para instalación exterior y bajo las condiciones de servicio de la Electricidad de Caracas mencionadas posteriormente.
- 2.2. La presente edición es una especificación completa y está destinada para la adquisición de equipos tanto en forma separada como para la adquisición de equipos a ser utilizados en los contratos llave en mano subestaciones.
- 2.3. Esta especificación cubre los transformadores de potencial inductivos con las siguientes características nominales:
- i) $230/\sqrt{3}$ kV / $0.115/\sqrt{3}$ kV / $0.115/\sqrt{3}$ kV / $0.115/\sqrt{3}$
 - ii) $69/\sqrt{3}$ kV / $0.115/\sqrt{3}$ KV / $0.115/\sqrt{3}$ KV / $0.115/\sqrt{3}$
- Todos los transformadores poseen dos devanados secundarios (uno para medida y uno para protección) y uno terciario.
- 2.4. Esta especificación está destinada para ser utilizada como la base para el funcionamiento, intercambiabilidad y seguridad de los equipos a los que se refiere, y para ayudar a la correcta evaluación y selección de tales equipos.
- 2.5. Esta especificación cubre las características básicas eléctricas, dimensionales y mecánicas, y toma en consideración los requerimientos y características de seguridad para las condiciones de operación de transformadores de potencial inductivos en 72.5 KV y 245 KV utilizados para la medición, control y protección de equipos asociados con la generación y transmisión en el sistema de potencia de la Electricidad de Caracas.

3. CONDICIONES DE SERVICIO

Los Transformadores de Potencial Inductivos y todos sus accesorios deben ser apropiados para la operación satisfactoria bajo las siguientes condiciones climáticas:

3.1. Condiciones Normales de Servicio

3.1.1 Altitud

Hasta los 1000 m sobre el nivel del mar.

3.1.2 Humedad

La humedad relativa de diseño es 90% a una temperatura del ambiente de 40°C.

3.2 Condiciones Anormales de Servicio

3.2.1 Temperatura ambiente

- Máxima	40°C
- Media diaria sobre 24 horas	30°C
- Media anual	25°C
- Mínima	0°C

3.2.2 Grado de Contaminación 3

Distancia de fuga específica para aisladores de 25 mm/kV.

3.2.3 Condiciones de Viento

El Transformador de Potencial Inductivo debe ser capaz de soportar esfuerzos mecánicos continuos equivalentes a una velocidad del viento de 150 Km/h, equivalente a una presión de viento de 1100 N/m^2 .

3.3.4 Condiciones Sísmicas

Los Transformadores de Potencial Inductivos, de acuerdo a esta especificación, deben ser capaces de soportar una aceleración de terremoto horizontal de al menos 0.5 g; para propósitos de diseño. 70 por ciento del valor anterior deberá considerarse para la aceleración de tierra vertical.

4. CARACTERISTICAS NOMINALES

Las características técnicas mencionadas a continuación son exigidas por la C.A. La Electricidad de Caracas para los transformadores de potencial inductivos a ser instalados en su sistema.

TABLA 4-1: características técnicas y datos de diseño de los transformadores de potencial inductivos normalizados por la EDC.

DESIGNACION	72,5 kV	245kV
1.-Tensión nominal primaria (fase a neutro)	$69/\sqrt{3}$ kV	$230/\sqrt{3}$ kV
2.-Tensión nominal de secundarios (fase a neutro)	$0,115/\sqrt{3}$ kV	$0,115/\sqrt{3}$ kV
3.-Tensión nominal del terciario	$0,115/\sqrt{3}$ kV	$0,115/\sqrt{3}$ kV
4.-Frecuencia nominal	60 +2%; -4% Hz	60 +2%; -4% Hz
5.-Capacidad nominal de salida		
5.1.-Capacidad nominal del devanado de medición (burden) (terciario sin carga)	100 VA	100 VA
5.2.-Capacidad nominal del devanado terciario (burden) a $1,9xU_m / \sqrt{3}$	100 VA	100 VA
5.3.-Capacidad nominal del devanado para protección (burden)	100 VA	100 VA
6.- Clase nominal de precisión		
6.1.-Devanado medición	0.5	0.5
6.2.-Devanado terciario	3 P	3 P
6.3.-Devanado protección	3 P	3 P

7.- Factor de tensión	1,5	1,5
7.1.-Régimen continuo	1,9	1,9
7.2.-Durante 8 horas	2,08	2,08
7.3.-Durante 4 horas	60 K	60 K
8.- Aumento de temperatura		
8.1.-Devanados (resistencia)		
8.2.-Aceite (máximo)	55 K	55 K
9.- Nivel de tensión de aislamiento		
9.1.-Impulso; Devanado primario	350 kV pico	1050 kV pico
9.2.-Impulso; Devanados secundarios y terciario	10 kV pico	10 kV pico
9.3.-A frecuencia industrial; Devanado primario	140 kV r.m.s.	460 kV r.m.s.
9.4.-A frecuencia industrial; Devanados secundarios	3 kV r.m.s.	3 kV r.m.s.
9.5.-A frecuencia industrial; Devanado terciario	3 kV r.m.s.	3 kV r.m.s.
9.6.-A frecuencia industrial; Entre los devanados secundarios y terciarios	3 kV r.m.s.	3 kV r.m.s.
9.7.-Impulso; Ondas cortadas (devanado primario)	375 kV pico	1200 kV pico

10.- Capacidad de resistencia al cortocircuito Devanado primario		
10.1.-Impedancia de C.C.	0.5%	0.5%
10.2.-Duración del C.C.	3 seg	3 seg
11.- Nivel de descargas parciales (según IEC 44-4, para transformadores de instrumentación sólidamente puestos a tierra)	10 pC	10 pC
12.- Nivel de RIV máximo	250 μ V	250 μ V
13.- Carga térmica (carga límite term.) para una temperatura promedio diaria de 35 °C a tensión nominal secundaria	1000 VA	1000 VA
14.- Aceite aislante y refrigerante	IEC Clase II Shell DialaDX	IEC Clase II Shell DialaDX
15.- Distancia de fuga mínima (ref. a U_m) de los aisladores de porcelana	1812 mm	6125 mm

16.- Versiones para el embalaje y el transporte (previsión para vías no pavimentadas)	Suministradas tres unidades en un solo embalaje. Manejo vertical	Solamente un transformador por embalaje. Manejo vertical y horizontal a garantizar
17.- Punto neutro del devanado primario	Conexión externa al tanque	Conexión externa al tanque
18.- Resistor para la supresión de ferorresonancia, a conectar en el lado abierto del devanado terciario (gabinete de potenciales)	Valor a ser seleccionado y garantizado por el fabricante	Valor a ser seleccionado y garantizado por el fabricante
19.- Pararrayos de B.T. para la supresión de tensión del lado de A.T. a los secundarios y al terciario (gabinete de potenciales)	Sí; Características a ser garantizada por el fabricante	Sí; Característica a ser garantizada por el fabricante
20.- Capacidad de descargas en líneas y cables (10 descargas/hora/) para U_m aplicado		
20.1.-Para líneas en vacío	10 A	10 A
20.2.-Para cables en vacío	125 A	250 A
21.- Esfuerzos a alta frecuencia (en la operación de seccionadores)	Ensayo tipo no requerido, pero deseable	Ensayo tipo requerido

22.- Se utiliza equipo especial para detección de ferorresonancia (Sí;No), distinto del resistor.	No	Sí
23.- Esfuerzos en el transporte (oscilaciones y choques simples durante la carga, descarga y transporte)		
23.1.-Aceleración vertical promedio	1g/25 Hz	1g/25 Hz
23.2.-Valores pico a considerar (acel. vertical)	4g	4 g
23.3.-Aceleración horizontal	0,8g/25Hz	0,8g/25 Hz

23.2.- Valores diseño (choques en vías no pavimentadas)		
23.2.1.-Aceleración vertical	7g	7 g
23.2.2.-Aceleración horizontal	7 g	7 g
23.3.-Ensayos requeridos (certificados de tipo)		
23.3.1-Aceleración	3 g	3 g
23.3.2.-Frecuencia	25 Hz	25 Hz
23.3.3.-Duración	2 h	2 h

5. DISEÑO Y CONSTRUCCION

5.1. Generalidades

5.1.1. El transformador de potencial deberá ser del tipo inductivo, monofásico, imbuido en aceite, autocontenido, sellado herméticamente, para instalación exterior, y deberá estar provisto de un sistema de fuelle de acero inoxidable para compensar las variaciones del nivel de aceite (debidas a las variaciones de carga o de la temperatura del ambiente).

5.1.2. Las condiciones previas para el cumplimiento de los requerimientos de la C.A. La Electricidad de Caracas deberán ser completamente definidas por el fabricante en las etapas de presentación de ofertas y finalización del contrato.

Antes que una oferta sea suministrada, ésta deberá ser examinada por personal del fabricante con experiencia para determinar que los requerimientos indicados en la presente especificación serán satisfechos.

5.1.3 El trabajo de ingeniería de diseño, deberá ser efectuado por personal del fabricante, el cual deberá tener la documentación necesaria, tal como, principios de diseño y Especificaciones de la Electricidad de Caracas. El trabajo desarrollado por el fabricante deberá estar basado sobre las experiencias de generaciones anteriores de equipos similares.

5.1.4 La revisión y control del diseño deberá ser ejecutada con la participación de personal calificado que pueda influenciar y examinar en forma crítica las soluciones técnicas adoptadas. El personal del fabricante, no directamente involucrado en el trabajo de diseño, también deberá participar en esta revisión.

5.1.5 Algunos aspectos de importancia que deberán ser considerados como parte del control del diseño y que deberán ser remitidos a la Electricidad de Caracas para su consideración son los siguientes:

-Compatibilidad entre materiales, especialmente entre aceite y gomas (arandelas, membranas, etc.), barniz, pinturas y adhesivos;

-Protección contra la corrosión de la superficie exterior de la cuba, corrosión en la brecha entre partes unidas por el sistema de sellado, protección contra la corrosión de la superficie interna de la cuba, para evitar fallas de aislamiento, etc.

-Coordinación de los niveles de aislamiento dieléctrico del sistema de aislamiento del equipo.

-Comportamiento del equipo a baja (0°C) y alta (40°C) temperatura y ensayo de resistencia del sistema de expansión del aceite.

-Verificación de todos los requerimientos relacionados con la precisión del equipo.

-Esfuerzos dieléctricos sobre el sistema de aislamiento.

-Previsiones especiales referentes a ferresonancia.

-Condiciones especiales de transporte.

5.1.6 Envejecimiento Térmico

5.1.6.1 El envejecimiento térmico deberá determinarse en base a la norma IEC Publicación 216: "Guía para la determinación de las propiedades de resistencia térmica de materiales aislantes eléctricos".

5.1.6.2 En los transformadores de instrumentos las salidas son pequeñas, y las pérdidas en el cobre y en el hierro están limitadas principalmente por el necesario cumplimiento con los requerimientos de la clase de precisión.

Bajo las condiciones mencionadas en el párrafo anterior deberán ser determinadas las pérdidas dieléctricas y consideradas en su totalidad por la Electricidad de Caracas.

5.1.7. Esfuerzos dieléctricos

5.1.7.1 Esfuerzos dieléctricos a frecuencia industrial

Se deberá realizar como rutina el ensayo de descargas parciales a fin de asegurar que el aislamiento de todos los componentes del equipo están libres de fallas.

El ensayo de descargas parciales deberá realizarse inmediatamente después del ensayo a frecuencia industrial, el cual constituye una tensión pre-esfuerzo.

5.1.7.2 Esfuerzos dieléctricos a alta Frecuencia

El fabricante deberá llevar a cabo el análisis de los impulsos de alta frecuencia generados por la operación de seccionadores o pararrayos convencionales con explosores.

La Electricidad de Caracas requiere la realización del ensayo de durabilidad como un ensayo de tipo, con la aplicación de 600 impulsos de onda cortada sobre un prototipo del transformador de potencial inductivo.

La evaluación de los resultados del ensayo se realiza en base a los valores de corriente de fase a tierra, de la forma de onda de los impulsos, y de la diferencia en el contenido de gases del aceite antes y después del ensayo.

5.1.7.3 Capacidad de descarga de líneas, cables y bancos de condensadores.

La Electricidad de Caracas requiere como ensayo de tipo, la aplicación de 10 descargas durante 1 hora y con la tensión nominal aplicada a los terminales de alta tensión. Este ensayo aparece indicado en la Tabla 4-I.

Este ensayo deberá ser realizado al mismo transformador utilizado en el ensayo de durabilidad a alta frecuencia indicado en la cláusula 5.1.7.2., y este equipo no deberá ser suministrado posteriormente a la Electricidad de Caracas.

5.1.7.4 Supresión de Ferroresonancia

Los transformadores de potencial inductivos deberán ser suministrados con un devanado terciario conectado en delta abierta a la cual se deberá conectar dispositivo pasivo de amortiguamiento (resistor) en el caso de transformadores de 72.5 kV, y un dispositivo activo electrónico (detector de falla) en caso de transformadores de 245 kV.

El valor de ajuste de este dispositivo electrónico deberá estar en la gama del 5% de la tensión nominal asignada, a fin de evitar la ocurrencia de falsas alarmas debidas al desbalance de la red.

5.1.7.5 Esfuerzos durante el transporte

Los transformadores de potencial inductivos suministrados a la Electricidad de Caracas están sujetos a oscilaciones aleatorias o choques simples durante su transporte.

El ensayo de tipo requerido para esta contingencia deberá realizarse con una aceleración de 3 g a 25 Hz durante un tiempo no inferior a 2 horas.

Este ensayo deberá preceder a los ensayos de tipo a realizar al mismo transformador, indicados en las cláusulas 5.1.7.2. y 5.1.7.3.

5.1.8. Influencia del medio ambiente y configuración de la subestación

5.1.8.1 Influencia del medio ambiente

Todos los equipos de alta tensión a ser suministrados a la Electricidad de Caracas deberá estar previsto para condiciones de alta contaminación (25 mm/kV referidos a la tensión máxima de la red entre fases). En caso existir alguna condición particular (contaminación industrial, niebla salina, etc.), ésta será indicada en las condiciones técnicas particulares las cuales formarán parte de la oferta.

Sin embargo, el fabricante deberá estudiar detalladamente el impacto sobre el cabezal del transformador de los diferentes factores característicos existentes en Venezuela; radiación U.V. causante de ionización, oxígeno y ozono causantes de efectos de envejecimientos, etc.

5.1.8.2 Influencia de la configuración de la subestación

Las prácticas mencionadas a continuación son parte de la configuración actual de la red de la Electricidad de Caracas:

- a) La capacitancia de gradación de los interruptores de potencia es inferior a 250 pF (el uso de esta capacitancia para ayudar en la interrupción de en líneas cortas está prohibido por la Electricidad de Caracas).
- b) Los transformadores de potencial inductivos están conectados directamente a la línea.
- c) El sistema es sólidamente puesto a tierra (con lo que se evita la aparición de ferresonancia trifásica con transformadores

de tensión inductivos conectados a un sistema con neutro aislado y baja capacitancia de secuencia cero).

5.2. Núcleo

Los transformadores deberán estar diseñados con una densidad de flujo magnético en el núcleo baja (garantizando de esta manera su operación durante 8 horas a 190% de la tensión nominal y 4 horas a 208% de la tensión nominal), y garantizando también una capacidad adicional de "anti-ferroresonancia" en el equipo.

- 5.2.1. El núcleo deberá tener un yugo intercalado y una chapa magnética de acero magnético de grado normal (no con acero de alto grado con silicio de grano orientado), a fin de evitar codos agudos cuando el flujo se aproxima al punto de saturación (la Electricidad de Caracas requiere un dispositivo adicional para evitar la ferroresonancia). El laminado deberá estar aislado con CARLITE y deberá estar sujeto firmemente.

5.3. Devanados

5.3.1. Devanado primario

El devanado primario deberá tener un diseño de aislamiento multicapas. El conductor deberá ser de cobre doble esmaltado y con aislamiento de papel entre las capas.

El fabricante deberá prestar especial atención a configuración del campo eléctrico al final de cada capa de devanado.

El fabricante deberá someter a la aprobación de Electricidad de Caracas los cálculos de la configuración del campo eléctrico y de sus propuestas de diseño para asegurar la mejor confiabilidad del equipo durante su operación.

El fabricante deberá proponer un diseño a la Electricidad de Caracas mediante el cual se evite la concentración del campo eléctrico a lo largo del bushing. El fabricante podrá utilizar cualquiera de las tres metodologías probadas de diseño siguientes, sin la utilización de hojas intermedias para la gradación de esfuerzos capacitivos en el aislamiento principal:

- Un diseño del bushing con una pequeña cantidad de hojas de gradación de esfuerzos capacitivos provistas en los extremos de electrodos toroidales para la regulación del campo, o
- Un diseño del bushing con una gran cantidad de hojas de gradación de esfuerzos capacitivos sin electrodos.
- Un diseño "en cascada" (para 245 KV).

5.3.2. Devanados secundarios y terciarios

El devanado terciario deberá estar ubicado lo más cerca posible al núcleo. Los devanados deberán tener conductores de cobre con doble esmaltado, y deberán estar aislados del núcleo y del devanado primario cartón prensado y papel.

Los calefactores para la caja de terminales deberán estar conectados a los devanados terciarios (uno por fase).

5.3.3. Método de preparación del aislamiento

La preparación del aislamiento de un transformador de potencial inductivo; el secado, la desgasificación y la impregnación con aceite del papel aislante, tiene una importancia primordial en la calidad eléctrica y la confiabilidad del equipo una vez en servicio.

La humedad presente en el material aislante deberá ser removido en hornos de secado de alto vacío.

Deberá asegurarse un proceso de secado de alto vacío a un máximo de 0,2 Torr. Las ofertas de los fabricantes que no posean tales facilidades serán rechazadas.

El llenado con aceite tratado también deberá ser realizado a alto vacío.

El aceite a ser utilizado deberá ser de Clase I según la Norma IEC 296. SHELL DIALA DX.

5.4. Aislador de porcelana

5.4.1. El aislador deberá ser de porcelana procesada en húmedo, homogéneo, sin laminaciones, cavidades u otros flujos físicos, y deberá estar bien vitrificado, sólido y resistente a la penetración de humedad. El bushing deberá tener un color marrón.

5.4.2. Deberán ser suministrados únicamente aisladores de una sola pieza.

5.4.3. La porcelana deberá estar fijada mediante cemento a una brida metálica o bastidor metálico. El fabricante deberá evitar cualquier presencia de burbujas de aire en las juntas, las cuales pueden causar dificultades con las mediciones durante el ensayo de descargas parciales.

- 5.4.4. El nivel de aislamiento externo dado por la distancia de fuga del aislador deberá ser determinado mediante la aplicación de los valores de tensión de ensayo frecuencia industrial indicados a continuación:

Tensión Máxima (a 60 Hz)	en húmedo	en seco
72.5 kV	140 kVrms	165 kVrms
245 kV	460 kVrms	500 kVrms

- 5.4.5. La distancia de fuga está definida en la Tabla 4-I. el caso de condiciones ambientales especiales, deberá consultarse la Especificación Técnica Particular, la cual es parte integrante de los documentos de la oferta.

5.5. Características de Cortocircuito

- 5.5.1. Los transformadores de potencial inductivos deberán ser capaces de soportar durante 3 segundos los esfuerzos mecánicos y térmicos originados por cortocircuitos en los terminales del lado secundario o terciario con 100% de la tensión nominal mantenida en sus terminales del lado primario.
- 5.5.2. La temperatura de los devanados bajo las condiciones de cortocircuito dadas anteriormente no deberá exceder de 250 °C asumiendo una temperatura inicial en el cobre de 95 °C.
- 5.5.3. La corriente secundaria mínima de cortocircuito deberá ser de un valor tal que corresponda al 0,5% $\pm 10\%$ de la impedancia de cortocircuito referida a la potencia de los arrollados secundarios.

5.6. Aumento de Temperatura

5.6.1. El aumento de temperatura del transformador de tensión magnético no deberá exceder en más de 60 °C en los devanados y 55 °C en el aceite bajo cualquiera de las condiciones especificadas (a la capacidad nominal de salida):

- Factor de tensión continuo: 1,5
- Factor de tensión para 8 horas: 1,9
- Factor de tensión para 4 horas: 2,08

5.7. Cuba

El tanque o cuba de los equipos deberá tener la suficiente resistencia y rigidez.

El ensamblaje completo deberá formar un sellado capaz de soportar efectivamente las presiones, bien sean éstas superiores o inferiores a la presión atmosférica, desarrolladas en su interior en condiciones normales de operación y durante el secado de la parte activa (sobrepresión 1,0 bars y alto vacío hasta 0,2 Torr).

Los devanados y los bushings deberán estar sellados a fin de evitar la entrada de humedad o la fuga del dieléctrico estando el equipo en servicio o durante el transporte.

Deberá proveerse una excelente protección de las superficies internas del tanque a fin de evitar posibles fallas de aislamiento por disolución de pintura.

Todas las superficies externas deberán ser pintadas en caliente.

5.8. Cabezal (terminal primario)

- 5.8.1. El tamaño de los terminales primarios deberá ser mínimo de 80 mm de longitud y 300 mm de diámetro. Deberán ser de aleación de aluminio. Asimismo deberá ser suministrado un terminal tipo grapa de aleación de aluminio para conductor de aluminio de 400 mm².

5.9. Terminal de Tierra

Deberán suministrarse dos terminales de puesta a tierra colocados en posición diagonalmente opuestos. Cada terminal deberá ser capaz de conducir efectivamente a tierra el 100% de la corriente de cortocircuito y deberá ser adecuado para recibir un conductor de puesta a tierra de cobre de sección entre 95 mm² y 120 mm².

5.10. Pintura

- 5.10.1 Todas las partes metálicas expuestas deberán ser pintadas excepto en los sitios en donde la pintura pueda interferir con la operación normal del equipo. Donde se dejen superficies sin pintar por razones de montaje, éstas deberán estar debidamente protegidas para prevenir la oxidación durante el almacenamiento y el transporte en barco.
- 5.10.2. Después de la preparación y limpieza de todas superficies a ser pintadas, aquellas que no están en contacto con el aceite deberán ser pintadas con dos capas de pintura de imprimación epóxica contentiva de plomo rojo. Las superficies deberán ser acabadas con dos capas de esmalte a fin de proveer una superficie uniforme y suave libre de manchas.
- 5.10.3. Las superficies exteriores deberán ser pintadas en color gris opaco. No deberá utilizarse en ningún caso colores claros o pintura de aluminio.

5.11. Galvanizado

Todas las partes de acero o hierro maleable deberán ser galvanizadas en caliente.

6. CAJA DE TERMINALES

- 6.1. Todos los conductores secundarios deberán ser llevados a una caja de salida y terminados en la caja de terminales ubicada en la caja hermética situada cerca de la base del transformador.

La caja de terminales deberá estar prevista para la entrada y conexión de 8 a 10 cables de control con alma de cobre de 2,5 mm².

- 6.2. Deberán instalarse calefactores para la caja de terminales con su debida protección mediante fusibles.
- 6.3. La caja de terminales deberá tener un grado de protección IP54.

7. GABINETE DE POTENCIALES (TPI's)

- 7.1. El fabricante deberá suministrar un armario intemperie con grado de protección IP54 con el fin de reunir los cables provenientes de las tres cajas de terminales (clausula 6).
- 7.2. El gabinete deberá ser instalado en la fase central de la estructura soporte.
- 7.3. La protección de sobrecarga y cortocircuito de los secundarios (protección y medición) y del terciario de los tres transformadores del tramo, deberá ser realizada mediante tres mini-interruptores especiales para este, y mediante el bloqueo automático de la protección de distancia
- Gama de control de corriente térmica: 3-10 A
 - Gama de ajuste del dispositivo de disparo por corriente de cortocircuito: 20-40 A
- 7.4. Deberá instalarse un resistor de amortiguamiento conectado para cerrar el devanado terciario en delta abierta. La selección de las características resistor de amortiguamiento está a cargo y es de la completa responsabilidad del fabricante.
- 7.5. Deberán suministrarse e instalarse en el interior de cajas de terminales pararrayos de baja tensión, con el fin de suprimir la aparición de tensiones desde los lados de alta y baja tensión.

8. MARCACION DE TERMINALES

La marcación de los terminales deberá ser conforme a lo indicado en la cláusula 18 de la norma IEC-186.

9. PLACA DE CARACTERISTICAS

Deberá instalarse en el tanque una placa de características de acero inoxidable con inscripciones grabadas. Las marcaciones deberán ser fácilmente legibles desde el nivel del suelo. La placa de características deberá contener como mínimo la siguiente información:

- i) Nombre del fabricante _____
- ii) Designación del tipo
según el fabricante _____
- iii) Número de serial
del fabricante _____
- iv) Año de fabricación _____
- v) Número de referencia de
especificación de EDC _____
- vi) Tensiones nominales
primaria, secund. y terc. ____/____/____ kV
- vii) Frecuencia nominal _____ Hz
- viii) Máxima tensión del
equipo (U_m) _____ kV
- ix) Tensión de Impulso
protec./medic./terc. ____/____/____ kVpico
- x) Tensión aplicada a
frecuencia industrial
prim./secund./terc. ____/____/____ kV
- xi) Potencia nominal
prim./secund./terc. _____
- xii) Clase de precisión
protec./medic./terc. ____/____/____
- xiii) Factor nominal de
tensión y de tiempo 1,5____/1,9____/2,08____

-
- xiv) Carga térmica nominal
para 30 °C de temp. amb.
(temp. diaria promedio) _____ VA
- xv) Diagrama de conexiones y
marcaciones de polaridad _____
- xvi) Masa de aceite _____ Kg
- xvii) Masa total incluyendo
el aceite _____ Kg

10. ENSAYOS

Los transformadores de tensión magnéticos deberán ensayados conforme a las cláusulas de las Normas IEC-186 e IEC-186A según se menciona posteriormente. Los ensayos de tipo y de rutina a ser realizados se enumeran a continuación:

10.1. Ensayos de rutina

Los ensayos de rutina mencionados a continuación deberán ser realizados en todos los transformadores de tensión magnéticos a ser suministrados:

- i) Verificación de las marcaciones de los terminales.
- ii) Ensayos a frecuencia industrial en los devanados primarios.
- iii) Ensayos a frecuencia industrial en los devanados secundarios y en el terciario.
- iv) Determinación de los porcentajes de error de tensión (relación) y de desplazamiento de fase para la clase de precisión de medición dada, a 80%, 100% y 120% de la tensión nominal, a frecuencia nominal, para 25% y 100% la carga nominal de medición, y a un factor de potencia de 0,8 en atraso.
- v) Determinación de los porcentajes de error de tensión y de desplazamiento de fase para la clase de precisión de protección dada, a 5% y a 100% de la tensión nominal multiplicada por el factor nominal de tensión, para 25% y 100% de la carga nominal de protección, y a un factor de potencia de 0,8 en atraso.
- vi) Ensayo de descargas parciales conforme a lo indicado en la norma IEC-44-4 (1980), inmediatamente después del ensayo de tensión aplicada durante 1 minuto, a frecuencia industrial.

10.2. Ensayos de tipo.

Los ensayos de tipo mencionados a continuación deberán ser realizados en todos los transformadores de tensión inductivos a ser suministrados:

- i) Ensayo de aumento de temperatura.
- ii) Ensayo de tensión de impulso.
- iii) Determinación de los porcentajes de error tensión (relación) y de desplazamiento de fase. Ensayo a ser realizado a 80%, 100% y 120% de la tensión nominal, a frecuencia nominal, para 25% y 100% la carga nominal de medición, y a un factor de potencia de 0,8 en atraso para la clase de precisión de medición.
- iv) Determinación de los porcentajes de error de tensión (relación) y de desplazamiento de fase, a 5% y a 100% de la tensión nominal multiplicada por el factor nominal de tensión, para 25% y 100% de la carga nominal de protección, y a un factor de potencia de 0,8 en atraso, para la clase de precisión de protección.

10.3. Ensayos especiales

- i) Ensayo de tensión de impulso de ondas cortadas.
- ii) Ensayo de durabilidad a alta frecuencia.
- iii) Ensayo capacidad de descarga de líneas, cables y bancos de condensadores.
- iv) Ensayo de esfuerzos durante el transporte.

11. PLANOS Y DATOS DESCRIPTIVOS

11.1. Planos a suministrar con la oferta

La información mencionada a continuación deberá ser entregada con la oferta:

I) Deberá suministrarse la información indicada en la cláusula 11.3, "Listado de datos técnicos".

ii) Datos descriptivos, literatura, dibujos, y fotografías en donde se describan completamente las características técnicas y constructivas, a fin de permitir al Ingeniero evaluar la calidad y comportamiento en servicio del equipo.

iii) Bosquejos en donde se indiquen la forma, dimensiones, pesos, ubicación de accesorios y conexiones conjuntamente con los planos de los pernos terminales.

iv) Dibujo de la placa de características.

v) Curvas típicas en donde se muestren los errores de relación de tensión y desplazamiento de fase en función de la tensión, del 5% al 100% de la tensión nominal para 25% y 100% de la carga nominal especificada en la cláusula 4 ítem (vi)a y (vi)b respectivamente.

vi) Curvas típicas en donde se muestren los errores de relación de tensión y desplazamiento de fase en función de la carga especificada en la cláusula 4 ítem (vi)a y (vi)b respectivamente desde cero hasta 100%, para 80% y 120% de la tensión nominal y para un factor de potencia de 80% y 100%.

vii) Una lista de referencias indicando los nombres de los países a los cuales se han suministrado equipos, conjuntamente con el año de fabricación.

viii) Para fines de evaluación, deberá suministrarse planos de fundaciones indicando datos característicos tales como, fuerzas dinámicas y estáticas, carga terminal, etc., conjuntamente con el dibujo de una fundación típica con su estructura (en caso que los soportes metálicos no sean suministrados) y sus soportes metálicos, utilizando una capacidad de carga del terreno de 10 ton/m^2 para zonas sísmicas. También deberán suministrarse cálculos de diseño y lineamientos generales al respecto.

11.2. Planos para aprobación

Los planos para aprobación deberán ser suministrados para su consideración después de la colocación de la orden y antes de comenzar con la fabricación de los equipos, y los mismos deberán incluir lo siguiente:

i) Todos los datos y planos solicitados en la cláusula 11.1 anterior.

ii) Planos y detalle dimensiones de los pernos terminales.

iii) Bosquejos dimensionados a gran escala conjuntamente con planos reproducibles de los transformadores de potencial inductivos, mostrando los detalles de la base y su arreglo para la fijación en las estructuras soportes de acero y/o reforzado.

iv) Diez copias fotostáticas conjuntamente con una copia reproducible de los instructivos para la instalación, montaje, mantenimiento y operación de los equipos.

11.3. Listado de datos técnicos

La información mencionada a continuación deberá ser suministrada, según sea aplicable, conjuntamente con la oferta para el suministro de cada tipo de transformador de tensión inductivo.

- i) Nombre del fabricante _____
- ii) Designación _____
- iii) Tipo _____
- iv) Certificado del tipo de diseño Nro. _____
 - a) expedido por _____
 - b) fecha _____
- v) Tensión nominal primaria _____ kV_{rms}
- vi) Tensión nominal secundaria _____ V_{rms}
- vii) Tensión nominal terciaria _____ V_{rms}
- viii) Tensión de impulso 1,2/50 μ s
 - a) primario _____ kV_{pico}
 - b) secundario _____ kV_{pico}
 - c) terciario _____ kV_{pico}

-
- ix) Tensión aplicada a
frecuencia industrial
- a) primario _____ kVrms
- b) secundario _____ kVrms
- c) terciario _____ kVrms
- x) Potencia nominal
- a) secundario (medición) _____ VA
- b) secundario (protección) _____ VA
- c) terciario _____ VA
- xi) Clase de precisión
- a) medición _____
- b) protección _____
- c) terciario _____
- xii) Factor de tensión
- a) continuo _____
- b) 4 horas _____
- c) 8 horas _____
- xiii) Carga térmica a 30 °C
de temp. diaria prom. _____ VA
- xiv) Aumento de temperatura
(para cualquier condic. _____

mencionada en xii)

a) devanado (resistencia) _____ K

b) aceite (máximo) _____ K

xv) Temperatura final bajo
condic. de cortocircuito
(con tensión máx. y con I
de cortocirc. especific.
para el secundario), con
95 °de temp. inicial
en los devanados

a) devanado (resistencia) _____ °C

b) aceite (máximo) _____ °C

xvi) Inductividad del
transformador en
el lado primario _____ H

xvii) Distancia de fuga _____ mm

xviii) Valor del resistor de
supresión de ferroreson.
(72,5 kV) _____ W(Ω)xix) Valor del dispositivo
de amortiguam. activo
para supres. de ferro-
resonancia (para 245 kV)

a) Tipo _____

b) Fabricante _____

c) Lista de característ.
(anexar listado) _____

xx) Densidades de flujo en
el núcleo.

a) con 1,0 x tensión máx. _____ T

b) con 1,5 x tensión máx. _____ T

c) con 1,9 x tensión máx. _____ T

d) con 2,08 x tensión máx. _____ T

xxi) Corriente de magnetización

a) con 1,0 x tensión máx. _____ A

b) con 1,5 x tensión máx. _____ A

c) con 1,9 x tensión máx. _____ A

d) con 2,08 x tensión máx. _____ A

xxii) Valores garantizados de
descargas parc. durante
el ensayo según IEC 44-4
(modificado por La EdeC) _____ pC

xxiii) N.A.

xxiv) Nivel máximo de RIV
(valores según Tabla 4-I) _____ μV

xxv) Características del
pararrayo de baja tensión

a) Tensión nominal _____ V

b) Corriente de descarga _____ A

c) Tensión de descarga _____ V

xxvi) Capacidad de descarga
de líneas, cables y
bancos de condensadores.

a) corriente para líneas
en vacío _____ A

b) corriente para cables
en vacío _____ A

c) conformidad para la
realización del ensayo
de tipo para verificar
los requerimientos
anteriores sin costo
adicional para la EDC. _____ Sí/No

xxvii) Capacidad de tenuta
a los esfuerzos de alta
frecuencia

Conformidad para la
realización del ensayo
tipo (600 ondas cort.)
sin costo adicional
para la EDC _____ Si/No

xxviii) Capacidad de resistencia
a los esfuerzos mecánicos
durante el transporte

a) transporte;

1) aceleración prom.
vertical _____ g

2) valor pico _____ g

3) aceleración prom.
horizontal _____ g

b) golpes, choques;

1) aceleración vertic. _____ g

2) aceleración horiz. _____ g

c) conformidad para la
realización del ensayo
de resistenc. mecánica
sin costo adicional
para La EDC _____ Sí/No

xxix) Distancia de guarda mín. _____ mm

xxx) Espaciado entre fases mín. _____ mm

xxxi) Tamaño y sección de los
pernos terminales
(anexar plano) _____

xxxii) Peso del aceite por polo _____ Kg

xxxiii) Peso por polo _____ Kg

xxxiv) Tipo de aceite y especific.
de referencia _____

xxxv) Corriente permisible
secund. de cortocirc. _____ A

xxxvi) Altura total _____ mm

12. EMBALAJE

En cada embalaje para transporte deberá suministrarse en empaque de material de polietileno resistentes a la penetración de humedad una copia de los instructivos de instalación, montaje, mantenimiento y operación, cada equipo.

Cada unidad de 72,5 KV o 245 KV deberá ser empacada en una caja separada de madera de primera calidad con cintas metálicas de alta calidad y no corrosivas.

13. CRITERIOS PARA LA ACEPTACION DE TRANSFORMADORES DE POTENCIAL INDUCTIVOS

Un resultado negativo en los ensayos de tipo causará el rechazo de todos los transformadores de magnéticos pertenecientes al lote bajo ensayo.

La Electricidad de Caracas aceptará la repetición de los ensayos si el fabricante propone la modificación del diseño de los transformadores en un período razonable de tiempo, así como la repetición sin costo alguno para La Electricidad de Caracas de todos los especificados en la cláusula 10.3., en dos unidades seleccionadas por La Electricidad de Caracas del nuevo lote.

Todos los ensayos de rutina deberán arrojar resultados positivos dentro de las tolerancias permitidas éstas sean aplicables. Si el resultado negativo obtenido en un ensayo de rutina es perjudicial para la operación del transformador, cada transformador fallado deberá ser reemplazado o reparado sin costo alguno para La Electricidad de Caracas.

14. ENSAYOS A REALIZAR PARA LA PUESTA EN SERVICIO

Los ensayos mencionados a continuación deberán ser realizados durante el procedimiento para la puesta en servicio de los equipos:

- i) Verificación del nivel de aceite.
- ii) Inspección visual del equipo.
- iii) Verificación del estado del fuelle.
- iv) Ensayo de resistencia de aislamiento, mediante la utilización de un megóhmetro de 2,5 kV con lectura de 0-10000 MW.
- v) Medición de la resistencia DC de los devanados primario, secundario y terciario.